Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 561-577
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۷۷-۵۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر متقابل نیتروژن و زمان برداشت بر عملکرد رویشی، کمیت و کیفیت اسانس چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

فرج مویدی[1*]- سجاد کردی[2]- علی اشرف مهرابی[3]- سهیلا دست برهان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳

چکیده

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر پرمصرف برای رشد و تولید گیاهان محسوب می‌شود و در دسترس بودن آن بسیاری از پارامترهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی چهار رقم ریحان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپیلت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خرم‌آباد در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* var. Italian Large Leaf، *O. basilicum* var. Cinnamon، *O. basilicum* var. Sweet Thai و *O. basilicum* var. Mobarakeh)، سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) و سه نوبت برداشت گیاه ریحان بود. نتایج نشان داد که بیشترین نسبت برگ به ساقه (۱/۸) با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در رقم Italian Large Leaf در برداشت اول بدست آمد. از میان ارقام مورد بررسی، حداکثر وزن خشک برگ، وزن خشک کل، درصد و عملکرد اسانس مربوط به رقم Italian Large Leaf و حداکثر شاخص کلروفیل برگ مربوط به ارقام Sweet Thai و Cinnamon بود. بیشترین وزن خشک کل (۳۴۸۲ $kg\ ha^{-1}$) به رقم Italian Large Leaf با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم اختصاص یافت که اختلاف معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم در همین رقم نداشت. تیمار شاهد (عدم مصرف کود) نسبت به سایر تیمارهای کودی، از درصد اسانس بیشتری برخوردار بود (۱/۰۱ درصد)، اما حداکثر عملکرد اسانس (۲۶/۷۹ $kg\ ha^{-1}$) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره حاصل شد. بیشترین مقدار ترکیبات غالب اسانس (به استثنای سه ترکیب غالب متیل‌کاویکول، ۱و۸-سینئول و متیل‌سینامات) در تیمار شاهد (عدم مصرف کود اوره) مشاهده گردید. به‌طور کلی، می‌توان رقم Italian Large Leaf و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره را در شرایط محیطی مشابه خرم‌آباد توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: اوره، ترکیبات بیوشیمیایی، عملکرد اسانس، متیل‌کاویکول، وزن خشک برگ

مقدمه

ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L.، گیاهی یک‌ساله و علفی و از قدیمی‌ترین گیاهان ادویه‌ای متعلق به خانواده نعناعیان[5] می‌باشد که بومی آسیا، آفریقا، آمریکا و مناطق نیمه‌گرمسیری است (۸ و ۲۷). این گیاه سرشار از متابولیت‌های ثانوی و اسانس با خواص درمانی است، از این‌رو در طب سنتی به عنوان مقوی معده، مدر، ضد درد، ضد التهاب، ضد سرطان و همچنین برای جلوگیری از عوارض بیماری‌های قلبی-عروقی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹ و ۲۹). این گیاه از نظر اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به‌طور گسترده در تهیه غذاها، فرآوری مواد غذایی و صنایع دارویی مصرف می‌شود (۲ و ۵). ارقام ریحان از نظر رنگ برگ (سبز یا بنفش)، رنگ گل

۱- مربی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد، خرم‌آباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: faraj.moayedi1362@gmail.com)
۲ و ۴- به‌ترتیب دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

5- Labiatae

DOI: 10.22067/JHS.2021.61976.0

(سفید، قرمز و بنفش) و عطر متفاوت هستند. مقدار اسانس ریحان با توجه به شرایط اقلیمی محل رویش متفاوت و بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد می‌باشد (۲۳). ترکیب شیمیایی اسانس ریحان نیز به ژنتیک، فصل رشد، عوامل محیطی و مرحله رشد گیاه بستگی دارد (۷). در بررسی پادالیا و همکاران (۲۴)، لینالول[1]، متیل‌کاویکول[2]، متیل‌اوژنول[3]، اوژنول[4] و ژرانیول[5] به عنوان ترکیبات غالب اسانس ریحان شناسایی شده‌اند.

عوامل اقلیمی و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد گیاهان دارویی و خصوصیات کمی و کیفی اسانس می‌باشند (۳۰). نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز در تولید گیاهان است که نقش مهمی در فعالیت‌های فتوسنتزی و ظرفیت تولید محصول داشته و در دسترس بودن آن بر رشد و عملکرد گیاهان و پارامترهای بیوشیمیایی اثرگذار است (۱۰ و ۳۳). اثر افزاینده نیتروژن بر پارامترهای رشد را می‌توان به نقش ساختاری یا تنظیمی نیتروژن نسبت داد که با افزایش تعداد و اندازه سلول‌های مریستمی، به تشکیل شاخه‌های جدید و گسترش برگ منجر می‌شود (۱۸). بین محتوای کلروفیل برگ و میزان کود نیتروژن مصرفی ارتباط مستقیمی وجود دارد. در تحقیقی با مصرف کودهای نیتروژنی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی)، شاخص سطح برگ و نسبت برگ به ساقه در گیاه ریحان بهبود یافت (۱۶). مصرف نیتروژن می‌تواند عملکرد گیاه ریحان را در شرایط مختلف آب و هوایی به‌طور قابل توجهی افزایش دهد (۳۵). در تحقیقی گزارش گردید که بیشترین وزن تر ریحان با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل گردید (۲۸). در آزمایشی مزرعه‌ای، اثر سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) بر عملکرد اسانس گیاه نعناع (*Mentha arvensis* L.) مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت بیشترین مقدار اسانس با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (۲۶). نتایج تحقیقات نشان داده که نیتروژن به‌طور قابل توجهی مقدار لینالول، اوژنول، متیل‌کاویکول، Z-سیترال[6]، ژرانیال[7]، (E)-کاریوفیلن[8]، ترانس-آلفا-برگاموتن[9]، آلفا-هومولن[10] و اُکالیپتول[11] اسانس ریحان را تغییر می‌دهد (۱۶، ۲۲ و ۳۵).

علی‌رغم اثر مثبت نیتروژن بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان، مصرف بیش از حد کود نیتروژن می‌تواند اثر منفی بر جذب سایر عناصر داشته باشد. از طرفی مقادیر بالای نیتروژن محلول در آب به آلودگی آب‌های زیرزمینی منجر می‌شود. بنابراین، تعیین مقدار مناسب کود نیتروژن متناسب با نیاز غذایی محصولات زراعی، علاوه بر بهبود عملکرد از لحاظ کمی و کیفی، آسیب وارد شده بر سیستم‌های کشاورزی و محیط زیست را کاهش می‌دهد (۱۷). علاوه بر این، عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس ارقام ریحان مورد ارزیابی در این پژوهش که مربوط به نقاط مختلف جهان می‌باشند، تحت شرایط آب و هوایی یکسان مورد ارزیابی قرار نگرفته است. از این‌رو، هدف تحقیق حاضر، ارزیابی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد رویشی و خصوصیات کمی و کیفی اسانس چهار رقم ریحان و معرفی بهترین رقم در شرایط آب و هوایی خرم آباد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی سراب چنگایی خرم آباد انجام شد. خصوصیات جغرافیایی و آب و هوایی منطقه در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در جدول ۲ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم ریحان (ارقام خارجی *O. basilicum* var. Sweet، *O. basilicum* var. Cinnamon، Italian Large Leaf و *O. basilicum* var. Thai و رقم بومی *O. basilicum* var. Mobarakeh)، سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره) و سه نوبت برداشت گیاه ریحان بود. رقم Mobarakeh از موسسه پاکان بذر اصفهان و ارقام خارجی ریحان از شرکت Eden Brothers کشور آمریکا تهیه شدند.

قبل از کشت، بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌طور یکنواخت به هر کرت اضافه شد. کود نیتروژن (اوره) در دو مرحله (نصف آن با آخرین شخم قبل از کاشت و مابقی به صورت سرک پس از برداشت اول) بر اساس تیمارها به‌صورت نواری در کرت‌های مورد نظر اضافه شد. کشت بذور ریحان به‌صورت مستقیم در تاریخ پنج خرداد ماه در کرت‌هایی با مساحت پنج مترمربع انجام شد. هر کرت شامل پنج ردیف ۲ متری بود که فاصله بین دو ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی ردیف ۲/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (تراکم ۸۰ بوته در متر مربع).

1- Linalool
2- Methyl chavicol
3- Methyl eugenol
4- Eugenol
5- Geraniol
6- Z-Citral
7- Geranial
8- (E)-Caryophyllene
9- Trans-α-Bergamotene
10- α-Humulene
11- Eucalyptol

جدول ۱- خصوصیات جغرافیایی و آب و هوایی منطقه

Table 1- Geographical and climatic characteristics of the region

میانگین دمای سالانه Average annual temperature (°C)	میانگین حداقل دمای سالانه Minimum temperature (°C)	میانگین حداکثر دمای سالانه Maximum temperature (°C)	متوسط بارندگی سالانه Precipitation (mm)	طبقه بندی اقلیمی منطقه (دومارتن) Climate classification (De Martonn)	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
17.2	0	39.6	525	نیمه خشک semi-arid	1162	33°27'	48°17'

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

Table 2- Physical and chemical analysis of soil before the experiment

پتاسیم قابل جذب Available K (ppm)	فسفر قابل جذب Available P (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil texture
350	7.00	0.289	0.546	7.56	26.98	40.50	32.52	لومی-رسی Clay loam

برای جلوگیری از نشت نیتروژن، بین کرت‌های مجاور یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. بلافاصله پس از کاشت بذرها، به آبیاری همه کرت‌ها اقدام گردید. آبیاری‌های بعدی با در نظر گرفتن شرایط جوی و نیاز گیاه (تقریباً هر ۴ روز یکبار) صورت گرفت. وجین دستی علف‌های هرز مزرعه نیز در صورت لزوم انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق شامل شاخص کلروفیل برگ، نسبت برگ به ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک کل بوته، درصد و عملکرد اسانس و تعیین ترکیبات شیمیایی اسانس بود.

شاخص کلروفیل برگ در اوایل گلدهی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502) ثبت گردید. برای تعیین نسبت برگ به ساقه در هر برداشت، ده بوته به طور تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و اندازه‌گیری شد. سپس میانگین مشاهده‌ها به عنوان نسبت برگ به ساقه برای تیمار مورد نظر در نظر گرفته شد. برداشت ریحان در سه نوبت (برداشت اول در اواسط تیر، برداشت دوم در اواسط مرداد و برداشت سوم در اواخر شهریور)، در اوایل گل‌دهی و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گرفت. بوته‌های موجود در یک متر مربع از دو ردیف میانی هر کرت برداشت و برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ و وزن خشک کل بوته به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند.

برای استخراج اسانس، نمونه‌های گیاهی که شامل برگ و سرشاخه‌های جوان بودند، به‌طور طبیعی در سایه خشک گردید. برای استخراج اسانس از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. ۴۰ گرم از پودر گیاه خشک در یک بالن ریخته شد و پس از افزودن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن، بالن به دستگاه کلونجر متصل گردید تا عمل تقطیر به مدت ۴ ساعت انجام شود (۳). پس از استخراج، اسانس توسط سولفات سدیم بی‌آب آب‌گیری شد و در ظروف دربسته شیشه‌ای تیره رنگ، دور از نور و در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری گردید (۲۰). پس از توزین اسانس استخراج شده، درصد اسانس محاسبه گردید.

$$\text{درصد اسانس} = \frac{\text{وزن اسانس}}{\text{وزن خشک}} \times ۱۰۰$$

اسانس‌گیری نمونه‌ها در سه تکرار و برای هر برداشت به‌صورت جداگانه انجام گردید. عملکرد اسانس نیز از حاصل‌ضرب درصد اسانس در وزن خشک زیست توده به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری ترکیبات اصلی اسانس، از تیمارهای مربوط به یک تکرار مشخص در برداشت دوم استفاده گردید (۱۷ و ۳۲).

برای شناسایی ترکیبات اسانس ریحان از دستگاه کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی استفاده شد. نمونه اسانس در دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 7890 ساخت کمپانی Agilent آمریکا، مجهز به ستون HP-5MS (با طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرون) تزریق شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از دمای اولیه ۵۰ درجه سانتی‌گراد شروع و به مدت ۲ دقیقه در این دما نگه داشته شد و سپس با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. سپس با سرعت ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. از هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. ولتاژ یونیزاسیون دستگاه طیف‌سنج جرمی ۷۰ الکترون ولت و دما در محل تزریق ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد بود. شناسایی اجزای اسانس بر اساس

شاخص‌های بازداری (با استفاده از نرمال آلکان‌های ۸ تا ۲۰ کربنه) و با ارزیابی طیف‌های جرمی ترکیبات و مقایسه آن‌ها با بانک اطلاعات جرمی (Wiley 7 and Nist 62) و با مراجعه به داده‌های منتشر شده انجام شد (۱ و ۱۱).

پیش از تجزیه واریانس، نرمال بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab ver. 14 مورد آزمون قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9 و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و میله‌های خطای آزمایشی (Error Bars) بر اساس SD رسم گردید.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل برگ (SPAD)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، بین ارقام، تیمارهای کود نیتروژن و برداشت‌های مختلف از نظر شاخص کلروفیل برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت، با این حال اثر متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار نگردید. نتایج مقایسه میانگین ارقام مختلف ریحان نشان‌دهنده برتری رقم Sweet Thai از نظر شاخص کلروفیل برگ (۴۷/۷) بود که از این نظر تفاوت معنی‌داری با رقم Cinnamon نداشت. کمترین میزان شاخص کلروفیل برگ (۳۹) نیز به رقم Mobarakeh اختصاص یافت (شکل ۱). نتایج نشان داد که با کاربرد کود نیتروژن، شاخص کلروفیل برگ ریحان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با این حال بین سطوح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نگردید (شکل ۲). با توجه به اینکه نیتروژن در ساختار کلروفیل نقش دارد، کاربرد کودهای نیتروژنی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش غلظت کلروفیل داشته باشد. در تحقیقات کردی (۱۶) نیز شاخص کلروفیل برگ تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن قرار گرفت و در تمامی تیمارهای کودی، شاخص کلروفیل برگ بیشتر از تیمار شاهد (عدم کوددهی) بود.

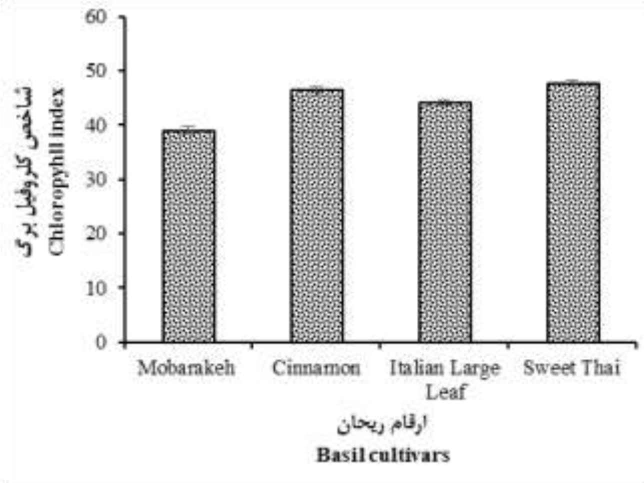
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ارقام ریحان تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Table 3- ANOVA for the characteristics of basil cultivars affected by different levels of nitrogen in different harvest times

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	نسبت برگ به ساقه Leaf/Stem ratio	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک کل Total dry weight	درصد اسانس Percentage of essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	43.86	0.02	4372.81	61975.13	0.008	13.99
رقم Cultivar (A)	3	394.7**	1.6**	100263.97**	865900.19**	2.63**	2701.25 **
کود Fertilizer (B)	2	195.6**	0.3**	1993129.8**	5107691.31**	0.35**	246.26**
رقم × کود A × B	6	3.02 ns	0.006**	17972.91 ns	83695.26**	0.007 ns	7.36 ns
اشتباه آزمایش ۱ Error 1	22	8.8	0.0008	15800.19	20256.08	0.006	8.24
برداشت Harvest (C)	2	54.1**	0.26**	3728940.4**	15436181.5**	0.37**	3046.94**
رقم × برداشت A × C	6	0.9 ns	0.005 ns	8325.49 ns	58284.72**	0.05**	207.93**
کود × برداشت B × C	4	1.3 ns	0.02**	164325.9**	187653.87**	0.003 ns	8.72 ns
رقم × کود × برداشت A × B × C	12	1.04 ns	0.005*	2546.9 ns	35986.78**	0.004 ns	7.82 ns
اشتباه آزمایش ۲ Error 2	4	4.7	0.01	2722.3	17939.5	0.05	21.95
اشتباه آزمایش ۳ Error 3	48	3.6	0.003	5140. 8	5865.42	0.01	8.26
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	4.3	3.7	6.07	3.37	10.78	11.97

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.

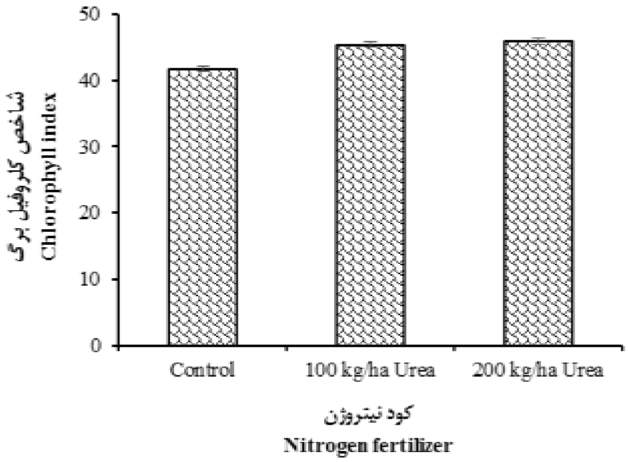
**,* and ns show significant difference at 1%, 5% of probability levels, and non-significant, respectively.



شکل ۱- شاخص کلروفیل برگ ارقام مختلف ریحان

Figure 1- Leaf chlorophyll index in different cultivars of basil

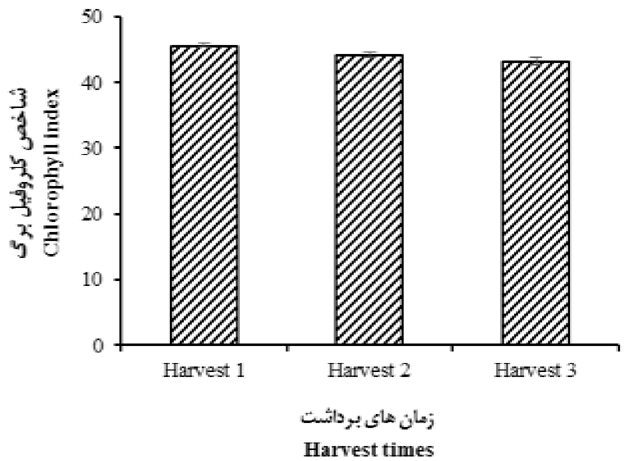
Error bars is drawn based on standard deviation (SD).



شکل ۲- شاخص کلروفیل برگ ریحان تحت سطوح مختلف کود نیتروژنی

Figure 2- Leaf chlorophyll index of basil under different levels of nitrogen fertilizer

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).



شکل ۳- شاخص کلروفیل برگ ریحان در برداشت‌های مختلف

Figure 3- Leaf chlorophyll index of basil under different harvest times

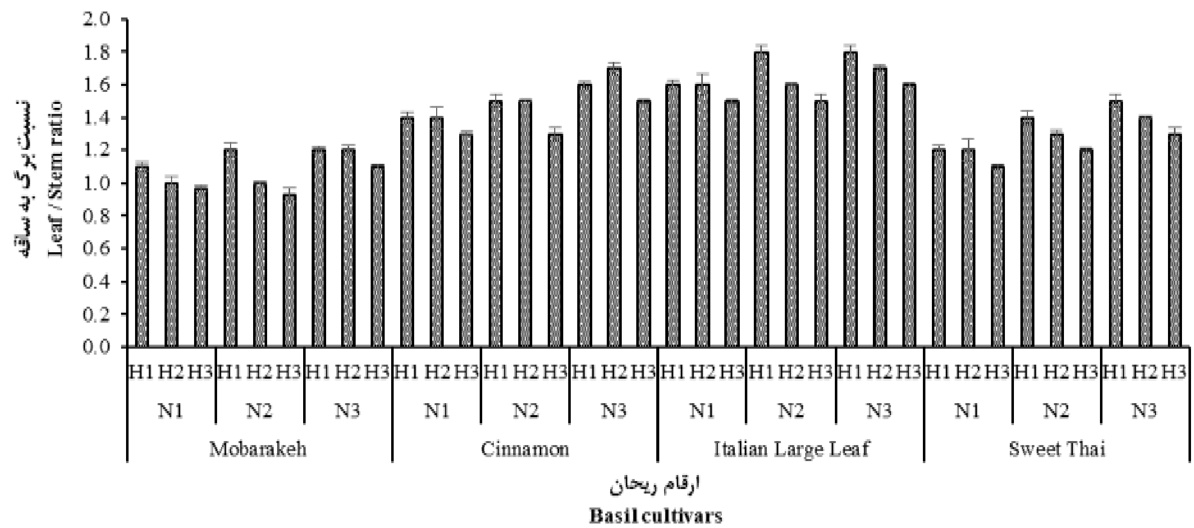
Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

نتایج مقایسه میانگین مشخص نمود که شاخص کلروفیل برگ در هر برداشت کمتر از برداشت قبل از آن بود. به‌طوری‌که بیشترین شاخص کلروفیل برگ (۴۵/۶) در برداشت اول مشاهده شد و در برداشت سوم به کمترین مقدار (۴۳/۲) رسید (شکل ۳). یکی از دلایل اصلی کاهش شاخص کلروفیل برگ در برداشت دوم و سوم را می‌توان به دسترسی کمتر گیاهان به نیتروژن در این برداشت‌ها نسبت داد، چون آخرین کاربرد کود اوره تقسیط شده در تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن پس از برداشت اول بود. از دیگر دلایل کاهش کلروفیل برگ در برداشت‌های دوم و سوم را می‌توان به پر برگی گیاه نسبت داد که به دلیل افزایش شاخه فرعی و تولید برگ بیشتر، نیتروژن کمتری به برگ‌ها اختصاص می‌یابد (۲۱).

نسبت برگ به ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای رقم، کود و برداشت بر نسبت برگ به ساقه ریحان معنی‌دار بود، همچنین اثرات متقابل رقم × کود، کود × برداشت و رقم × کود × برداشت نیز بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل رقم × کود × برداشت، نسبت برگ به ساقه در رقم Mobarakeh در تمامی سطوح کودی و برداشت‌ها، کمتر از سایر ارقام مورد ارزیابی بود. بیشترین نسبت برگ به ساقه (۱/۸) با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در رقم Italian Large Leaf در برداشت اول به دست آمد (شکل ۴). جهان و همکاران (۱۳)، همبستگی منفی و معنی‌داری بین نسبت برگ به ساقه با صفات تعداد ساقه فرعی و ارتفاع بوته گزارش کردند. در تحقیق حاضر با وجود اینکه مصرف کود اوره موجب افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی ریحان می‌شود، اما از طرفی به دلیل اثر مثبت و معنی‌داری که مصرف کود نیتروژن بر درصد برگ دارد (۱۶)، کاربرد کود اوره موجب افزایش نسبت برگ به ساقه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کوددهی) گردید (شکل ۴). در تحقیقی گزارش گردید که فراهمی نیتروژن موجب افزایش سطح برگ و دوام سطح برگ شده و پیری برگ‌ها و ریزش آن‌ها را به تعویق می‌اندازد و از این طریق موجب بهبود نسبت برگ به ساقه می‌گردد (۱۶).

در تحقیق حاضر با وجود اینکه هر سه برداشت، در مرحله رشدی یکسان صورت گرفته است، نسبت برگ به ساقه در همه سطوح کودی و در هر چهار رقم مورد ارزیابی در برداشت دوم و به ویژه سوم کمتر از برداشت اول بود که این امر می‌تواند ناشی از رشد و توسعه بیشتر گیاه و همچنین افزایش تعداد شاخه جانبی در بوته باشد. به دلیل بریدن ساقه اصلی در برداشت اول، جوانه‌های باقیمانده روی گیاه برانگیخته شده و به تولید ساقه‌های جانبی بیشتر در برداشت‌های دوم و سوم منجر می‌گردد.



شکل ۴- تغییرات نسبت برگ به ساقه ارقام ریحان در واکنش به سطوح کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Figure 4- Changes in leaf/stem ratio of basil cultivars in response to various levels of nitrogen fertilizer in different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD)

N1: (control), N2: 100 kg ha^{-1} urea, N3: 200 kg ha^{-1} urea; H1, H2 and H3: first harvest, second harvest and third harvest, respectively

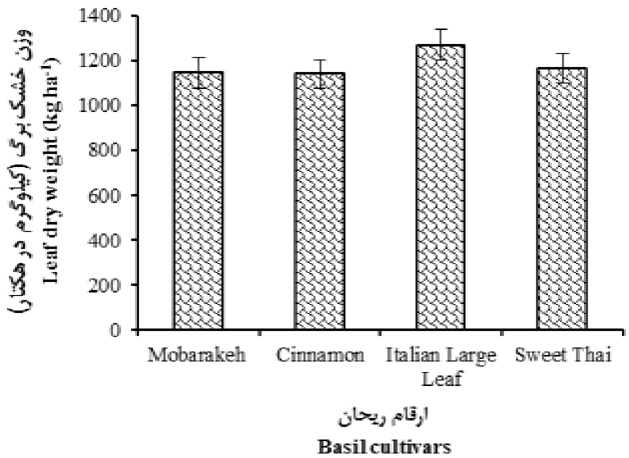
N1، N2 و N3: به ترتیب عدم مصرف کود و مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و H1، H2 و H3: برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم را نشان می‌دهند.

بنابراین پایین بودن درصد برگ و افزایش سهم شاخه و ساقه در برداشت‌های دوم و سوم قابل انتظار است (۱۶). جهان و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که نسبت برگ به ساقه ریحان در سه برداشت متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در چین اول و سوم مشاهده شد. با توجه به اینکه در ریحان برگ و گل دارای بیشترین میزان اسانس می‌باشند، افزایش نسبت برگ به ساقه می‌تواند در افزایش کیفیت و کمیت اسانس تولیدی نقش مؤثری ایفا کند.

وزن خشک برگ و کل بوته

بر اساس نتاج تجزیه واریانس داده‌ها، بین ارقام مورد ارزیابی، سطوح مختلف کودی و برداشت‌های مختلف از نظر وزن خشک برگ و وزن خشک کل اختلاف معنی‌داری وجود داشت. صفات مذکور همچنین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل کود × برداشت قرار گرفتند. اثرات متقابل رقم × کود، رقم × برداشت و اثر سه جانبه رقم × کود × برداشت فقط بر وزن خشک کل معنی‌دار گردید (جدول ۳).

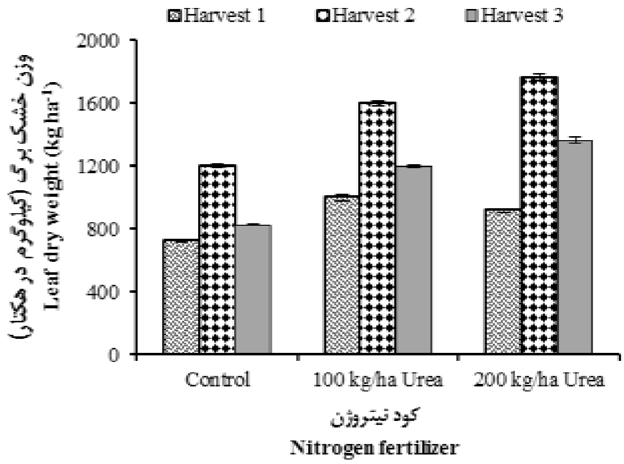
بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، رقم Italian Large Leaf از بیشترین وزن خشک برگ (۱۲۷۱ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سایر ارقام ریحان برخوردار بود، اما بین سایر ارقام مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۵). نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل کود × برداشت نشان داد که در تمام برداشت‌ها، گیاهان تغذیه شده با کود نیتروژن نسبت به گیاهان شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) از وزن خشک برگ بیشتری برخوردار بودند. وزن خشک برگ گیاهان در برداشت دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از برداشت اول و سوم بود. حداکثر وزن خشک برگ (۱۷۶۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم اختصاص یافت (شکل ۶). بالا بودن وزن خشک برگ در برداشت دوم و سوم را می‌توان به دمای مناسب‌تر هوا و دوره رشد رویشی طولانی‌تر گیاه ریحان و تولید برگ بیشتر در این شرایط نسبت داد (۲۵). به گزارش کندیل و همکاران (۱۵)، مصرف کود نیتروژن باعث افزایش چشمگیر وزن برگ ریحان می‌شود که این امر می‌تواند علاوه بر افزایش اندازه برگ به دلیل افزایش ضخامت برگ نیز باشد. کردی (۱۶) نیز گزارش کرد که از میان منابع مختلف کودهای نیتروژنی، بیشترین وزن تر و خشک برگ ریحان از گیاهان تغذیه شده با کود اوره در برداشت دوم حاصل شد. استفاده از کود نیتروژن عملکرد رویشی تمامی ارقام مورد ارزیابی در این پژوهش را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. کودهای نیتروژنی از طریق فراهمی نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تولید زیست توده گیاه ریحان، شرایط مناسبی را برای تولید ریحان فراهم می‌کند که موجب دوام بیشتر برگ و جلوگیری از پیری زودرس برگ‌های پایین بوته می‌گردد، اما در تیمار شاهد، گیاه در مراحل مختلف رشد با کمبود نیتروژن روبرو می‌شود.



شکل ۵- وزن خشک برگ ارقام مختلف ریحان

Figure 5- Leaf dry weight in different cultivars of basil

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).



شکل ۶- تغییرات وزن خشک برگ ریحان در واکنش به سطوح کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Figure 6- Changes in leaf dry weight of basil in response to various levels of nitrogen fertilizer in different harvest times

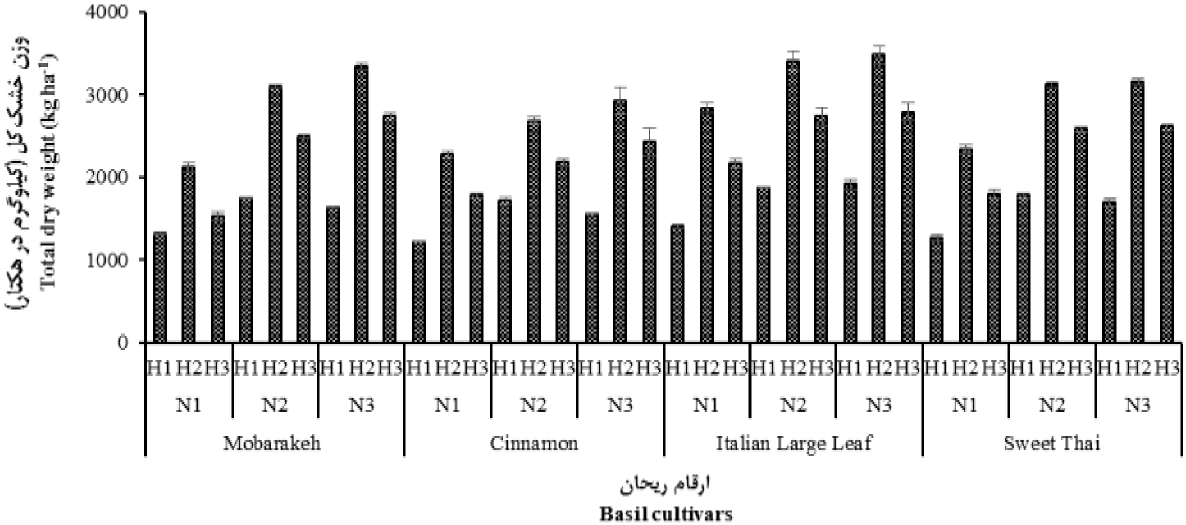
Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × کود × برداشت (شکل ۷) نشان داد که با کاربرد کود نیتروژن در کلیه برداشت‌ها، وزن خشک کل هر سه رقم مورد مطالعه افزایش یافت. مشابه وزن خشک برگ (شکل ۶)، گیاهان در برداشت دوم از وزن خشک کل بیشتری در مقایسه با برداشت اول و سوم برخوردار بودند. از آنجایی‌که همه برداشت‌ها در مرحله رشدی یکسان انجام گردید، پایین بودن وزن خشک کل بوته‌ها در برداشت اول (شکل ۷) را می‌توان به تولید بوته‌هایی با ارتفاع و تعداد شاخه جانبی کمتر و صرف مقدار انرژی بیشتر برای استقرار اولیه گیاه ریحان در برداشت اول نسبت داد که موجب گردید، ماده خشک تولید شده در برداشت اول کمتر از برداشت دوم و سوم باشد. در برداشت دوم و سوم به دلیل بریدن ساقه اصلی طی برداشت اول و برانگیخته شدن جوانه‌های جانبی، تعداد شاخه جانبی و متعاقب آن تعداد برگ بیشتری تولید شده و وزن خشک برگ و بوته افزایش یافته است. از طرفی در بازرویش پس از برداشت اول، ریحان بخشی از مسیر رشدی را پیموده و سریع‌تر استقرار یافته و ماده گیاهی بیشتری تولید می‌کند (۲۱).

بیشترین وزن خشک کل (۳۴۸۲ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم در رقم Italian Large Leaf مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم در همین رقم نداشت (شکل ۷). افزایش وزن خشک کل ریحان با مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش تعداد شاخه جانبی و محتوای کلروفیل و رشد بهتر گیاهان و متعاقباً توسعه بهتر کانوپی نسبت داد (۲۱) که به استفاده بهتر از نور خورشید، فتوسنتز بیشتر و در نهایت وزن خشک بیشتر ریحان منجر می‌شود. نیتروژن نقش مهمی در بهبود رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد دارد. فراهمی نیتروژن با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی، فعالیت‌های فتوسنتزی را افزایش داده و باعث تولید بیشتر اسیمیلات و بهبود زیست توده و عملکرد گیاه می‌شود (۱۷ و ۲۵). در بررسی سیفولا و باربیری (۲۸)، مصرف سطوح مختلف کود نیتروژن با افزایش وزن خشک بخش هوایی گیاه همراه بود. در تحقیقی دیگر، بیشترین عملکرد گیاه ریحان (۲۳/۲ تن در هکتار) با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (۳۴). نتایج تحقیقات بیسیادا و کاس (۶) نیز نشان داد که مقدار نیتروژن بر عملکرد گیاه ریحان اثر گذار بوده و بیشترین عملکرد با مصرف ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. کردی (۱۶) نیز گزارش کرد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، وزن خشک برگ و وزن خشک کل بوته ریحان افزایش می‌یابد.

درصد و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که اثر تیمارهای رقم، کود و برداشت بر درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل رقم × برداشت برای هر دو صفت مذکور معنی‌دار گردید (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل رقم × برداشت، بیشترین درصد (۱/۵۵ درصد) و عملکرد اسانس (۵۵/۶۴ کیلوگرم در هکتار) ریحان به رقم Italian Large Leaf در برداشت دوم مربوط بود (شکل ۸ و ۹). در بررسی کالامارتزیس و همکاران (۱۴) نیز بین ارقام مختلف ریحان (Mrs Burns, Cinnamon, Sweet, Red Rubin, Thai)، اختلاف معنی‌داری از نظر درصد و عملکرد اسانس مشاهده شد و بیشترین عملکرد اسانس به ارقامی اختصاص یافت که بالاترین وزن خشک را داشتند.



شکل ۷- تغییرات وزن خشک کل ارقام ریحان در واکنش به سطوح کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف

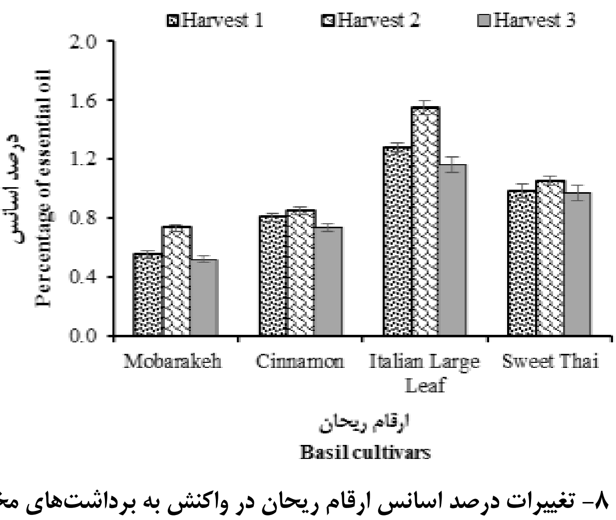
Figure 7- Changes in total dry weight of basil cultivars in response to various levels of nitrogen fertilizer in different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

N_1: (control), N_2: 100 kg ha^{-1} urea, N_3: 200 kg ha^{-1} urea; H_1, H_2 and H_3: first harvest, second harvest and third harvest, respectively

N1، N2 و N3: به ترتیب عدم مصرف کود و مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و H1، H2 و H3: برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم را نشان می‌دهند.

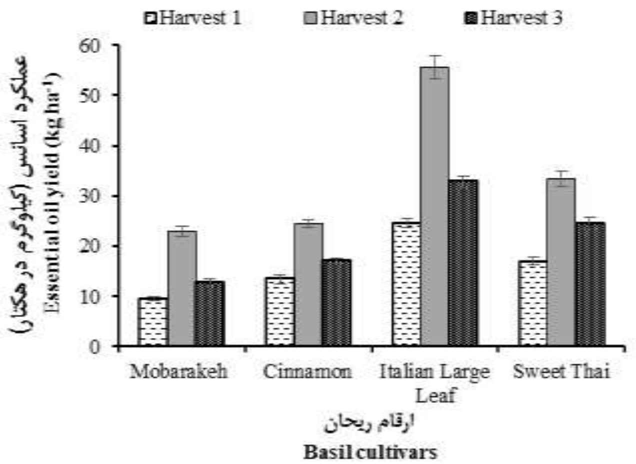
اگرچه تمام بوته‌های مورد استفاده در تعیین محتوای اسانس، در مرحله رشدی یکسانی برداشت شدند، اما گیاهان متعلق به چین دوم به دلیل قرار گرفتن در معرض تابش بیشتر نور خورشید و انجام فعالیت‌های فتوسنتزی بیشتر، از متابولیت‌های ثانوی و اسانس بیشتری برخوردار بودند (شکل ۸). با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد محصول بوده و این دو صفت در برداشت دوم بالاتر از دو برداشت دیگر بود (شکل ۷ و ۸)، بنابراین حصول بیشترین عملکرد اسانس در برداشت دوم دور از انتظار نبود (شکل ۹). در تحقیقات جهان و همکاران (۱۳) نیز از بین سه برداشت مختلف ریحان، بیشترین و کمترین درصد و عملکرد اسانس به ترتیب به برداشت دوم و اول تعلق داشت. کردی (۱۶) نیز اعلام کرد که از بین سه برداشت مختلف در گیاه ریحان، بیشترین درصد اسانس متعلق به برداشت دوم بود.



شکل ۸- تغییرات درصد اسانس ارقام ریحان در واکنش به برداشت‌های مختلف

Figure 8- Percentage of essential oil response of basil cultivars to different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).



شکل ۹- تغییرات عملکرد اسانس ارقام ریحان در واکنش به برداشت‌های مختلف

Figure 9- Essential oil yield response of basil cultivars to different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

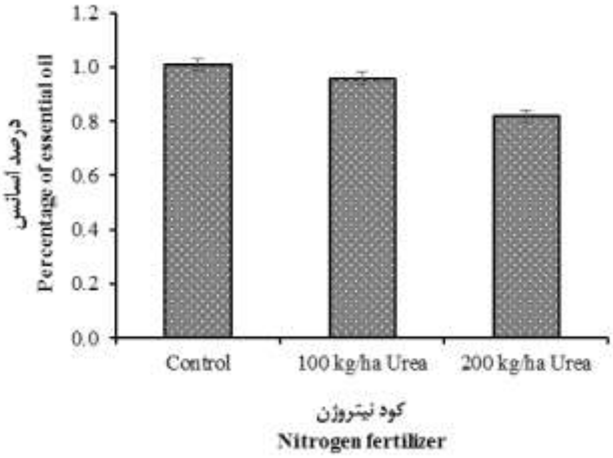
مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین (۱/۰۱ درصد) و کمترین (۰/۸۲ درصد) درصد اسانس ریحان به‌ترتیب به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره مربوط بود، اما بیشترین (۲۶/۷۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۲۱/۵۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد اسانس به‌ترتیب به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و تیمار شاهد (عدم مصرف کود) اختصاص یافت (شکل ۱۰ و ۱۱). بر اساس نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد بین درصد اسانس ریحان و مصرف کود شیمیایی نیتروژن رابطه‌ای معکوس وجود دارد (شکل ۱۰). برتری تیمار شاهد (عدم مصرف کود) نسبت به تیمارهای مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش سنتز متابولیت‌های ثانوی تحت شرایط نامساعد محیطی و کمبود عناصر غذایی نسبت داد (۱۷). یافته‌های کردی (۱۶) نیز نشان داد که میزان اسانس گیاه ریحان در شرایط عدم کوددهی بیشتر از سایر تیمارهای کودی بود و با مصرف کود نیتروژنی، درصد اسانس گیاه ریحان کاهش یافت، در حالی‌که عملکرد اسانس با مصرف کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) افزایش قابل توجهی نشان داد.

تهامی زرندی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که درصد اسانس ریحان در شرایط عدم مصرف کود، در مقایسه با تیمارهایی که کود شیمیایی دریافت کرده بودند، بیشتر بود. عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد کل بوته می‌باشد. با توجه به اینکه تیمار شاهد (عدم کوددهی) از درصد اسانس بیشتری نسبت به تیمارهای کود شیمیایی برخوردار بود (شکل ۱۰)، برتری تیمارهای کود شیمیایی از نظر عملکرد اسانس را می‌توان به تأثیر بیشتر عملکرد خشک محصول (وزن خشک کل) بر عملکرد اسانس و تأثیر کمتر درصد اسانس نسبت داد (شکل ۱۱). مصرف مقادیر مناسب کود نیتروژنی، زمینه را برای رشد مطلوب گیاهان از طریق تأمین منابع غذایی فراهم می‌کند. در واقع کود شیمیایی نیتروژن، بیشتر از طریق افزایش عملکرد محصول، عملکرد اسانس ریحان را تحت تأثیر قرار داده است (۱۷). در تحقیقی بیشترین عملکرد رویشی ریحان با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (۶). کود نیتروژن با افزایش سرعت و مقدار فتوسنتز، گیاه را قادر می‌سازد تا به سرعت رشد کرده و زیست توده و متابولیسم پایه قابل‌توجهی را تولید کند (۲۸).

ترکیبات غالب اسانس

در گیاهان دارویی علاوه بر کمیت محصول، کیفیت اسانس (از نظر نوع و مقدار ترکیبات تشکیل دهنده) نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. در تجزیه شیمیایی اسانس حاصل از شاخساره (برگ و سرشاخه‌های جوان) ارقام ریحان تحت تیمارهای مختلف، ۲۹ تا ۳۵ ترکیب شناسایی شد که در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که ترکیبات اسانس ریحان بسته به رقم و مقدار نیتروژن مصرف شده به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌یابد.

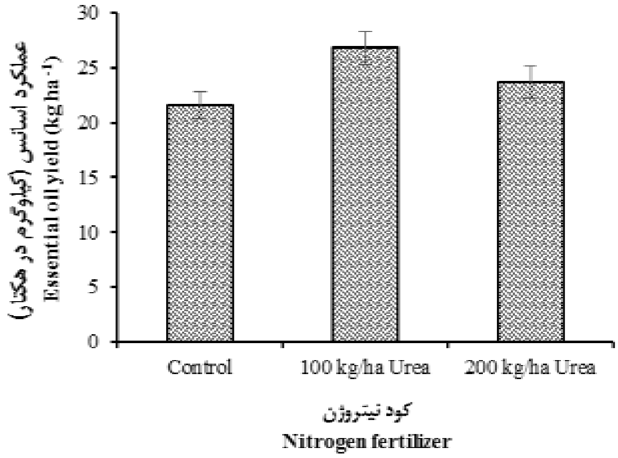
هشت ترکیب عمده اسانس رقم Mobarakeh شامل متیل‌کاویکول (۴۸/۹-۳۸/۲ درصد)، Z-سیترال (۱۷-۱۳/۱ درصد)، ژرانیال (۲۳-۱۷/۳ درصد)، (E)-کاریوفیلن (۴/۹-۴/۵ درصد)، ترانس-آلفا-برگاموتن (۱/۸-۱/۲۷ درصد)، آلفا-هومولن (۱/۹-۱/۶۷ درصد)، ژرماکرن-دی (۱/۵-۰/۸۲ درصد) و گاما-کادینن (۳/۲-۳ درصد) بود (جدول ۴). در صورتی‌که ۱و۸-سینئول (۵/۲-۴/۷ درصد)، لینالول (۳۶/۱-۳۴/۵ درصد)، متیل‌کاویکول (۷/۲-۵/۸ درصد)، اوژنول (۱/۸۱-۱/۵ درصد)، متیل‌سینامات (۴۱-۳۸/۸ درصد) و ژرماکرن-دی (۲/۳-۱/۸ درصد) ترکیبات غالب اسانس رقم Cinnamon بودند (جدول ۴).



شکل ۱۰- تغییرات درصد اسانس ریحان در واکنش به سطوح مختلف کود نیتروژنی

Figure 10- Percentage of essential oil response of basil to different levels of nitrogen fertilizer

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).



شکل ۱۱- تغییرات عملکرد اسانس ریحان در واکنش به سطوح مختلف کود نیتروژنی

Figure 11– Essential oil yield response of basil to different levels of nitrogen fertilizer

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

در اسانس استخراج شده از رقم Italian Large Leaf، هفت ترکیب غالب شامل ۱ و ۸-سینئول (۸/۴-۸/۱۴ درصد)، لینالول (۴۴/۸-۴۱/۹ درصد) ، متیل‌کاویکول (۳۷-۳۰/۷ درصد)، اوژنول (۱/۲-۰/۹ درصد)، (E)-کاریوفیلن (۲/۸-۲/۲ درصد)، ترانس-آلفا-برگاموتن (۱/۰۲-۰/۷۵ درصد) و ژرماکرن-دی (۱/۷۱-۱/۳ درصد) شناسایی شد (جدول ۴). بخش عمده اسانس رقم Sweet Thai نیز به ترکیبات ۱و۸-سینئول (۱/۶-۱/۴۵ درصد)، (E)-بتا-اوسیمن (۱/۲-۱/۱۴ درصد)، لینالول (۴۰/۱-۳۹ درصد)، آلفا-ترپینئول (۱/۱-۰/۸ درصد)، متیل‌کاویکول (۱۱/۳-۹/۳ درصد)، اوژنول (۳/۲۱-۲/۸ درصد)، بتا-اِلِمن (۱/۰۳-۰/۹ درصد)، متیل‌سینامات (۳۲-۳۰/۱ درصد)، متیل‌اوژنول (۱/۶-۱/۳ درصد) و ترانس-آلفا-برگاموتن (۱/۱۸-۰/۷۵ درصد) اختصاص داشت (جدول ۴).

در بررسی اثر تیمارهای کودی بر نوع و میزان مواد تشکیل دهنده اسانس، بیشترین مقدار ۱ و ۸-سینئول (۸/۴ درصد) و لینالول (۴۴/۸ درصد) به رقم Italian Large Leaf و کاربرد به ترتیب ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختصاص یافت (جدول ۴). در تحقیقی محتوای لینالول اسانس ریحان با مصرف کود نیتروژن بهبود یافت، ولی کاربرد بیشتر کود نیتروژن به کاهش مقدار این ترکیب منجر شد (۲۲). در تحقیق حاضر با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، بیشترین مقدار متیل‌کاویکول (۴۸/۹ درصد) در رقم Mobarakeh به‌دست آمد.

در حالی که کمترین مقدار این ترکیب (۵/۸ درصد) در رقم Cinnamon و در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن مشاهده گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد در شرایط مصرف کود نیتروژنی به دلیل دسترسی بهتر به نیتروژن، غلظت متیل‌کاویکول نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) افزایش یافته است. مسیرهای بیوسنتز ترکیبات اسانس بسیار گسترده و پیچیده است. با وجود تلاش زیاد برای کشف مسیرهای ذکر شده، هنوز رابطه بین مسیرهای بیوسنتز بسیاری از ترکیبات ناشناخته است. از آنجایی‌که عناصر نیتروژن و فسفر نقش مهمی در سنتز و فعال‌سازی آنزیم‌های فرآیندهای بیوشیمیایی دارند، به نظر می‌رسد کاربرد کودهای نیتروژنی می‌تواند مسیر بیوسنتز برخی از اجزای اسانس را تغییر دهد. تغییر در ترکیبات اسانس گیاهان تیمار شده با کود نیتروژن ممکن است نتیجه فعال‌سازی یا غیرفعال‌سازی مسیرهای بیوسنتز آنزیم‌های موالونات، متیل‌اریتریتول فسفات و بیوسنتز اسید شیکیمیک باشد (۹). کردی و همکاران (۱۷) در بررسی اثر منابع مختلف کود نیتروژن بر ترکیبات اسانس گیاه ریحان در الگوهای مختلف کشت اعلام کردند که بیشترین درصد متیل‌کاویکول در کشت خالص ریحان و در شرایط مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌دست آمد و اظهار کردند که کمبود نیتروژن می‌تواند به عنوان عامل محدودکننده تولید برخی از ترکیبات غالب اسانس ریحان از جمله متیل‌کاویکول عمل کند. ژِلجازکو و همکاران (۳۵) اظهار داشتند که مصرف نیتروژن به‌طور قابل توجهی مقدار لینالول، اوژنول، بورنیل‌استات و اُکالیپتول اسانس ریحان را تغییر می‌دهد. در این بررسی مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن به افزایش مقدار متیل‌کاویکول و کاهش میزان لینالول اسانس منجر گردید.

برخی از ترکیبات شناسایی شده مانند Z–سیترال و ژرانیال در ارقام Cinnamon، Italian Large Leaf و Sweet Thai مشاهده نشد. از طرفی بیشترین میزان Z–سیترال (۱۷ درصد)، ژرانیال (۲۳ درصد)، (E)–کاریوفیلن (۴/۹ درصد)، ترانس–آلفا–برگاموتن (۱/۸ درصد)، آلفا–هومولن (۱/۹ درصد) و گاما–کادینن (۳/۲ درصد) به رقم Mobarakeh در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن تعلق داشت (جدول ۴). عوامل متنوعی چون کمبود آب، تنش شوری و کمبود مواد غذایی می‌توانند ترکیبات اصلی اسانس را تغییر دهند (۴ و ۱۲). در تحقیق حاضر نیز به نظر می‌رسد کمبود مواد مغذی (کمبود نیتروژن در تیمار شاهد) می‌تواند به عنوان فاکتور محرک تولید این ترکیبات در نظر گرفته شود. بر اساس یافته‌های نورزینسکا–وِرداک و همکاران (۲۲)، سطوح مختلف نیتروژن اثر معنی‌داری بر ترکیبات عمده اسانس ریحان دارد، به‌طوری که بیشترین مقدار ترانس–آلفا–برگاموتن اسانس ریحان با مصرف کمترین مقدار نیتروژن حاصل شد. در ارزیابی اثر منابع مختلف نیتروژن بر ترکیبات اسانس ریحان نیز بیشترین مقدار Z–سیترال، ژرانیال، (E)–کاریوفیلن، ترانس–آلفا–برگاموتن و آلفا–هومولن به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) اختصاص داشت (۱۶). کردی و همکاران (۱۷) اعلام کردند که در بین تیمارهای مختلف کودی، کمترین مقادیر ترکیبات اصلی تشکیل دهنده اسانس ریحان (به جز متیل‌کاویکول) متعلق به تیمار کود شیمیایی نیتروژن بود.

یکی از ترکیبات عمده اسانس ارقام Cinnamon و Sweet Thai، متیل‌سینامات بود که حداکثر مقدار آن با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در رقم Cinnamon مشاهده شد. بیشترین مقدار ژرماکرن–دی نیز به همین رقم و در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۴). در همین راستا، کردی (۱۶) اظهار داشت که با افزایش کاربرد نیتروژن، مقدار ژرماکرن–دی در اسانس ریحان کاهش می‌یابد. بیشترین میزان اوژنول (۳/۲۱ درصد) به رقم Sweet Thai و تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) اختصاص داشت. در هر چهار رقم مورد بررسی، روند تغییرات اوژنول تحت تیمارهای کودی مشابه ژرماکرن–دی بود و با افزایش مصرف نیتروژن، مقدار این ترکیب نیز کاهش یافت (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که از بین ارقام ریحان مورد ارزیابی، رقم Italian Large Leaf از بیشترین وزن خشک برگ، وزن خشک کل، درصد و عملکرد اسانس برخوردار بود. حداکثر شاخص کلروفیل برگ نیز به ارقام Sweet Thai و Cinnamon اختصاص یافت. کمترین شاخص کلروفیل، درصد و عملکرد اسانس به رقم محلی Mobarakeh تعلق داشت. مصرف کود اوره با بهبود معنی‌دار رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد ریحان همراه بود. اگرچه درصد اسانس ارقام ریحان در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن بیشتر از گیاهان تغذیه شده با کود نیتروژن بود، اما بیشترین عملکرد اسانس با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره حاصل شد که نشانگر تأثیرپذیری بیشتر عملکرد اسانس از عملکرد خشک محصول در مقایسه با درصد اسانس می‌باشد. به جز شاخص کلروفیل برگ، نسبت برگ به ساقه و درصد اسانس، سایر صفات مورد بررسی، در برداشت اول کمتر از برداشت‌های دوم و سوم بودند. بیشترین غلظت ترکیبات عمده اسانس (به جز متیل کاویکول، ۱و۸–سینئول و متیل‌سینامات) به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) مربوط بود. از آنجایی‌که بین سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک کل وجود نداشت و بیشترین عملکرد اسانس نیز به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره تعلق داشت، بنابراین رقم Italian Large Leaf ریحان و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در شرایط محیطی مشابه خرم‌آباد توصیه می‌شود.

جدول ۴- ترکیبات اسانس ارقام ریحان تحت سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 4– Essential oil components (%) in sweet basil cultivars under different levels of nitrogen fertilizer

ترکیب Compound	Mobarakeh			Cinnamon			Italian Large Leaf			Sweet Thai		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
α-Pinene	0.20	0.21	0.21	0.28	0.25	0.32	0.26	0.30	0.31	0.16	0.20	0.22
Camphene	0.69	0.60	0.63	tr	tr	tr	0.11	tr	tr	tr	tr	tr
β -Pinene	0.36	0.37	0.30	0.45	0.50	0.40	0.67	0.60	0.61	0.29	0.33	0.30
Myrcene	0.15	0.15	0.10	0.29	0.26	0.30	0.49	0.53	0.50	0.40	0.45	0.32
Limonene	0.12	0.13	0.14	0.10	0.10	0.12	0.30	0.35	0.30	0.21	0.20	0.18
1,8-Cineole	0.31	0.40	0.35	**4.70**	**5.20**	**4.70**	**8.14**	**8.30**	**8.40**	**1.45**	**1.60**	**1.50**
(E)-β- Ocimene	0.13	0.20	0.26	0.60	0.65	0.60	0.32	0.30	0.35	**1.14**	**1.20**	**1.20**
Terpinolene	-	-	-	0.17	0.15	0.10	0.25	0.20	0.23	0.16	0.20	0.20
Fenchone	0.10	0.15	0.20	0.22	0.30	0.30	0.30	0.30	0.35	0.24	0.20	0.30
Linalool	0.20	0.30	0.25	**34.5**	**36.1**	**34.6**	**42.4**	**44.8**	**41.9**	**40.0**	**40.1**	**39.0**
Camphor	tr	tr	tr	0.70	0.40	0.30	0.53	tr	0.30	0.75	0.50	0.50
Borneol	0.32	0.20	0.25	0.15	tr	tr	0.42	0.30	0.30	0.40	0.40	0.20
Terpinen-4-ol	-	-	-	0.73	0.80	0.95	-	-	-	0.21	0.40	0.40
α-Terpineol	0.26	0.30	0.20	0.33	0.35	0.30	0.71	0.60	0.55	**1.10**	**0.90**	**0.80**
Methyl chavicol	**38.2**	**45.2**	**48.9**	**5.80**	**6.00**	**7.20**	**30.7**	**33.2**	**37.0**	**9.30**	**10.1**	**11.3**
Z-Geraniol (Nerol)	0.21	0.40	0.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z-Citral (Neral)	**17.0**	**14.2**	**13.1**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chavicol	0.30	0.20	0.20	0.40	0.40	0.50	0.80	0.75	0.90	-	-	-
Geraniol	0.85	0.50	0.23	-	-	-	0.10	tr	tr	-	-	-
Geranial	**23.0**	**21.4**	**17.3**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bornyl acetate	0.30	0.30	0.20	0.26	0.20	0.20	0.60	0.70	0.50	0.42	0.50	0.40
α-Cubebene	0.20	0.18	0.15	0.15	0.20	0.15	0.40	0.30	0.30	-	-	-
Eugenol	0.19	0.15	0.10	**1.81**	**1.60**	**1.50**	**1.20**	**1.10**	**0.90**	**3.21**	**3.00**	**2.80**
α-Copaene	0.16	0.21	0.17	0.14	0.10	0.10	tr	tr	tr	-	-	-
β- Cubebene	0.50	0.45	0.40	-	-	-	0.13	tr	tr	0.75	0.60	0.60
β- Elemene	0.14	tr	tr	0.68	0.50	0.60	0.15	tr	tr	**1.03**	**0.90**	**0.90**
Methyl cinnamate	tr	tr	0.10	**38.8**	**40.3**	**41.0**	-	-	-	**30.1**	**31.2**	**32.0**
Methyl eugenol	0.60	0.50	0.46	0.16	tr	tr	0.52	0.30	0.40	**1.60**	**1.30**	**1.30**
(E)-Caryophyllene	**4.90**	**4.50**	**4.78**	0.40	0.30	0.30	**2.80**	**2.50**	**2.20**	0.30	0.20	tr
Trans-α-Bergamotene	**1.80**	**1.60**	**1.27**	0.53	0.30	0.30	**1.02**	**0.90**	**0.75**	**1.18**	**0.90**	**0.75**
α-Guaiene	-	-	-	0.23	0.25	0.15	0.26	0.20	0.10	0.37	0.30	0.30
α-Humulene	**1.90**	**1.80**	**1.67**	0.53	0.30	0.10	0.42	0.30	0.25	0.23	0.10	tr
(E)-β-Farnesene	0.50	0.40	0.42	0.33	0.30	0.20	-	-	-	-	-	-
Germacrene-D	**1.50**	**1.10**	**0.82**	**2.30**	**2.00**	**1.80**	**1.71**	**1.60**	**1.30**	0.59	0.40	0.40
γ-Cadinene	**3.20**	**3.00**	**3.01**	0.53	0.50	0.45	0.66	0.60	0.50	0.40	0.40	0.30
β-Bisabolene	0.25	0.20	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nerolidol	0.37	0.30	0.30	0.15	0.15	0.10	-	-	-	0.13	0.10	0.15
Caryophyllene oxide	0.10	0.10	0.14	0.13	tr	tr	-	-	-	-	-	-
α-Cadinol	-	-	-	0.57	0.40	0.30	-	-	-	0.23	0.20	0.20

N1: (control), N2: 100 kg ha^{-1} urea , N3: 200 kg ha^{-1} urea and tr: trace amounts < 0.05 %.

منابع

1- Adams R.P. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured Publishing Corporation, Carol Stream.

2- Al-Maskri A.Y., Hanif M.A., Al-Maskari M.Y., Abraham A.S., Al-Sabahi J.N., and Al-Mantheri O. 2011. Essential oil from *Ocimum basilicum* (Omani Basil): a desert crop. Natural Product Communications 6(10): 1487-1490.

3- Anonymous. 1996. European Pharmacopoeia. Council of Europe press, Strasbourg.

4- Barbieri G., Vallone S., Orsini F., Paradiso R., De Pascale S., Negre-Zakharov F., and Maggio A. 2012. Stomatal density and metabolic determinants mediate salt stress adaptation and water use efficiency in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Physiology 169: 1737-1746.

5- Beatović D., Krstić-Milošević D., Trifunović S., Šiljegović J., Glamočlija J., Ristić M., and Jelačić S. 2015. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of twelve *Ocimum basilicum* L. cultivars grown in Serbia. Records of Natural Products 9: 62-75.

6- Biesiada A., and Kuś A. 2010. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 9(2): 3-12.

7- Bilal A., Jahan N., Ahmed A., Bilal S.N., Habib S., and Hajra S. 2012. Phytochemical and pharmacological studies on *Ocimum basilicum* Linn–a review. International Journal of Current Research and Review 4(23): 73-83.

8- Borloveanu M. 2014. Leacuri mănăstiresti. Terapii pentru trup si suflet. Lumea Credintei, Bucuresti.

9- Boveiri Dehsheikh A., Mahmoodi Sourestani M., Zolfaghari M., and Enayatizamir N. 2020. Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of Thai basil as response to biofertilizers and humic acid. Journal of Cleaner Production 256: 120439.

10- Caliskan S., Ozkaya I., Caliskan M.E., and Arslan M. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in Mediterranean-type soil. Field Crops Research 108(2): 126-132.

11- Carneiro N.S., Alves C.C.F., Alves J.M., Egea M.B., Martins C.H.G., Silva T.S., Bretanha L.C., Balleste M.P., Micke G.A., Silveira E.V., and Miranda M.L.D. 2017. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzchiana* Berg (Myrtaceae). Anais da Academia Brasileira de Ciências 89(3): 1907-1915.

12- Ekren S., Sönmez C., Özcakal E., Kurttas Y.S.K., Bayram E., and Gürgülü H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management 109: 155-161.

13- Jahan M., Amiri M.B., Dehghanipour F., and Tahami M.K. 2013. The effects of biofertilizers and winter cover crops on essential oil production and some agroecological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in an organic farming system. Iranian Journal of Field Crops Research 10(4): 751-763. (In Persian with English abstract)

14- Kalamartzis I., Dordas C., Georgiou P., and Menexes G. 2020. The use of appropriate cultivar of basil (*Ocimum basilicum*) can increase water use efficiency under water stress. Agronomy 10: 70.

15- Kandil M.A.M., Khatab M.E., Ahmed S.S., and Schnug E. 2009. Herbal and essential oil yield of Genovese basil (*Ocimum basilicum* L.) grown with mineral and organic fertilizer sources in Egypt. Journal für Kulturpflanzen 61(12): 443-449.

16- Kordi S. 2017. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of forage corn (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under nitrogen fertilizers (biological, chemical and integrated) in additive intercropping. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English abstract)

17- Kordi S., Zehtab-Salmasi S., Shafagh-Kolvanagh J., Weisany W., and Shannon D.A. 2020. Intercropping system and N_2 fixing bacteria can increase land use efficiency and improve the essential oil quantity and quality of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Frontiers in Plant Science 11: 610026.

18- Lawlor D.W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. Journal of experimental Botany 53: 773-787.

19- Li H., Ge Y., Luo Z., Zhou Y., Zhang X., Zhang J., and Fu Q. 2017. Evaluation of the chemical composition, antioxidant and antiinflammatory activities of distillate and residue fractions of sweet basil essential oil. Journal of Food Science and Technology 54(7): 1882-1890.

20- Milenkovića L., Stanojevićb J., Cvetkovićb D., Stanojevićb L., Lalevića D., Šunića L., Fallikc E., and Ilić Z.S. 2019. New technology in basil production with high essential oil yield and quality. Industrial Crops & Products 140: 111718.

21- Moayedi F., Kordi S. Mehrabi A.A., and Dastborhan S. 2020. Effect of different levels of nitrogen on yield, nitrate content, essential oil yield and some physiological traits in four cultivars of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Horticultural Science 34(2): 285-301. (In Persian with English abstract)

22- Nurzyńska-Wierdak R., Borowski B., Dzida K., Zawiślak G., and Kowalski R. 2013. Essential oil composition of sweet basil cultivars as affected by nitrogen and potassium fertilization. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 37: 427-436.

23- Omidbaigi R. 2006. Production and Processing of Medicinal Plants. Volume 3, 1st edition, Fekr-e-ruz Publications, 397 p. (In Persian)

24- Padalia R.C., Verma R.S., Chauhan A., Goswami P., Chanotiya C.S., Saroj A., Samad A., and Khaliq A. 2014. Compositional variability and antifungal potentials of *Ocimum basilicum*, *O. tenuiflorum*, *O. gratissimum* and *O. kilimandscharicum* essential oils against *Rhizoctonia solani* and *Choanephora cucurbitarum*. Natural Product Communications 9(10): 1507-1510.

25- Panahyan M., Kordi S., and Davarpanah J. 2019. Effect of nitrogen fertilizer source on yield and essential oil content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and forage maize (*Zea mays* L.) yield forage in intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 21(3): 287-301. (In Persian with English abstract)

26- Ram M., Ram D., Prasad A., Naqvi A., and Kumar S. 1998. Productivity of late transplanted mint (*Mentha*

arvensis) with summer legume intercrops in a sub-tropical environment. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 20: 1028-1031.

27- Roman G.V. 2012. Fitotehnie. Plante Tehnice, Medicinale si Aromatice. Editura Universitară, Bucuresti.

28- Sifola M.I., and Barbieri G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulturae 108(4): 408-413.

29- Srivastava S., Cahill D.M., Conlan X.A., and Adholeya A. 2014. A novel in vitro whole plant system for analysis of polyphenolics and their antioxidant potential in cultivars of *Ocimum basilicum*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62(41): 10064-10075.

30- Street R. 2012. Heavy metals in medicinal plant products-An African perspective. South African Journal of Botany 82: 67-74.

31- Tahami Zarandi M.K., Rezvani Moghaddam P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 70-82. (In Persian with English abstract)

32- Weisany W., Raei Y., and Pertot I. 2015. Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens* L.) as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system. Industrial Crops & Products 77: 295-306.

33- Werner D., and Newton W.E. 2005. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and environment. Springer, Netherlands.

34- Yassen M., Ram P., Anju Y., and Singh K. 2003. Response of Indian basil (*Ocimum basilicum*) to irrigation and nitrogen schedule in Central Uttar Pradesh. Annals of Plant Physiology 17(2): 177-181.

35- Zheljazkov V.I., Cantrell C.L., Ebelhar M.W., Rowe D.E., and Coker C. 2008. Productivity, oil content and oil composition of sweet basil as a function of nitrogen and sulphur fertilization. HortScience 43(5): 1415-1422.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 561-577
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۷۷-۵۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Nitrogen and Harvest Time Interaction on Yield, Quantity and Quality of Essential Oil of Four Cultivars of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.)

F. Moayedi[1*]- S. Kordi[2]- A.A. Mehrabi[3]- S. Dastborhan[4]
Received: 10-11-2020
Accepted: 03-03-2021

Introduction: Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) is an annual herbaceous plant from *labiatae* family. The amount and chemical composition of essential oil of sweet basil depends on genetics, growing season, environmental factors and plant growth stage. Nitrogen is one of the most important nutrients required by plants. This element plays an essential role in the synthesis of amino acids and proteins and is part of the structure of leaf chlorophyll and some plant hormones. Nitrogen application can significantly increase the growth and yield of medicinal plants in different climatic conditions and affect the quantitative and qualitative properties of essential oils. The results of various studies have shown that nitrogen significantly alters the amount of essential oils in basil. Despite the positive effect of nitrogen on improving plant growth and yield, excessive use of nitrogen fertilizer can have a negative effect on the absorption of other elements. On the other hand, high amounts of water-soluble nitrogen lead to groundwater pollution. Therefore, determining the appropriate amount of nitrogen fertilizer in proportion to the nutritional needs of crops, in addition to improving the quantity and quality of yield, reduces damage to agricultural systems and the environment. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the effect of different amounts of nitrogen fertilizer on vegetative yield and quantitative and qualitative characteristics of essential oil of four basil cultivars and to introduce the best cultivar in Khorramabad climate.

Materials and Methods: This experiment was performed as a factorial split plot in time in a randomized complete block design with three replications during 2016 growing season in the Agricultural Research Station of Khorramabad. Experimental treatments included four sweet basil cultivars (Italian Large Leaf, Cinnamon, Sweet Thai and Mobarakeh), three levels of nitrogen fertilizer (0, 100 and 200 kg ha^{-1} chemical nitrogen fertilizer) and three harvests. Nitrogen fertilizer (from urea source) was added to the plots in two stages (half of the fertilizer before seeds planting and the rest after the first harvest) based on the treatments. Basil plants were harvested three times at the beginning of flowering. Traits measured in this study included chlorophyll index, leaf/stem ratio, leaf dry weight, total plant dry weight, percentage and yield of essential oil and determination of chemical composition of essential oil. To extract the essential oil, water distillation method and Clevenger apparatus were used. To determine the main constituents of essential oil, all treatments related to a given repetition were chosen in second harvest were used. Gas chromatography with mass spectrometer was used to identify the compounds of basil essential oil. Analysis of variance of data was done using SAS ver. 9 and mean comparison was performed based on the Duncan's multiple range test at 5% probability level using MSTAT-C software. Figures were drawn by excel software.

Results and Discussion: The results of the present research showed that the highest leaf/stem ratio (1.8) was obtained from applying 100 and 200 kg ha^{-1} of urea fertilizer in Italian Large Leaf cultivar in the first harvest. Among the studied basil cultivars, Italian Large Leaf cultivar had the highest leaf dry weight, total dry weight, percentage of essential oil and essential oil yield. The maximum leaf chlorophyll index was related to Sweet Thai and Cinnamon cultivars and the minimum chlorophyll index, percentage of essential oil and essential oil yield was related to Mobarakeh cultivar. Consumption of urea fertilizer was associated with a significant improvement in vegetative growth and as a result, basil yield increased. Although the essential oil percentage of basil cultivars under control treatment was higher than plants that were fed with nitrogen fertilizer, but the highest essential oil yield was obtained from application of 100 kg ha^{-1} urea fertilizer, which shows the greater effect of dry yield on essential oil yield compared to the percentage of essential oil. In all studied traits, the maximum value was related to the second harvest and the minimum amount (except the essential oil percentage)

1- Instructor, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran
(* Corresponding Author Email: faraj.moayedi1362@gmail.com)
2 and 4- Ph.D. in Crop Ecology and Ph.D. in Crop Physiology, Department of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Ilam, Iran
DOI: 10.22067/JHS.2021.61976.0

was allocated to the first harvest. In chemical analysis of essential oils obtained from young leaves and shoots of basil cultivars under different fertilization treatments, 29 to 35 compounds were identified. The maximum concentration of major constituents of essential oils (except 1-8-cineol, methyl cinnamate and methyl chavicol) was related to the control treatment (no fertilizer application).

Conclusion: Since there was no significant difference between the levels of 100 and 200 kg ha^{-1} of urea in terms of total dry weight and the highest essential oil yield was obtained from the treatment of 100 kg ha^{-1} of urea fertilizer, Italian Large Leaf cultivar and consumption of 100 kg ha^{-1} of urea fertilizer can be used in environmental conditions similar to Khorramabad.

Keywords: Chemical compounds, Essential oil yield, Leaf dry weight, Methyl chavicol, Urea